

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-011518

(43)Date of publication of application : 15.01.2002

(51)Int.Cl.

B21C 3/02

B21C 1/00

(21)Application number : 2000-197647

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 30.06.2000

(72)Inventor : KUBOKI TAKASHI
NEISHI YUTAKA
AKIYAMA MASAYOSHI

(54) DRAWING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a drawing method capable of decreasing the residual stress generated in a wire and a bar.

SOLUTION: By using a two stage taper die in which a taper angle satisfies the following formulas, a final pass of drawing is conducted at a second stage taper part area reduction rate of $\geq 100(3, 0.1/E)\%$. $6^\circ \leq$ first stage taper angle „ $a \leq 30^\circ$... second stage taper angle „ $b \leq 2^\circ$... Here, „0.1 is a true stress at a strain of 0.1 in a tensile test, and E is a Young modulus.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.02.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-11518
(P2002-11518A)

(43) 公開日 平成14年1月15日 (2002.1.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
B 2 1 C	3/02	B 2 1 C	A 4 E 0 9 6
	1/00	1/00	N

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-197647 (P2000-197647)

(22) 出願日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 久保木 孝

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 根石 豊

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 100103481

弁理士 森 道雄 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 引抜き加工方法

(57) 【要約】

【課題】線や棒に生じる残留応力を低減することができる引抜き加工方法の提供。

【解決手段】テーパ角度が下記 (1) 式及び (2) 式を満たす2段テーパダイスを用いて、引抜き加工の最終パスを $100(3\sigma_{0.1}/E)\%$ 以上の2段目テーパ部減面率で行う。

$6^\circ \leq 1\text{段目テーパ角度} \theta_a \leq 30^\circ \dots\dots (1)$

$2\text{段目テーパ角度} \theta_b \leq 2^\circ \dots\dots (2)$

ここで、 $\sigma_{0.1}$ は引張試験における歪みが0.1での真応力、Eはヤング率である。

【特許請求の範囲】

【請求項1】孔ダイスを用いた中実金属材の引抜き加工方法であって、入り側テーパ角度が下記(1)式及び(2)式を満たす2段テーパダイスを用いて、引抜き加工の最終パスを $100(3\sigma_{0.1}/E)\%$ 以上の2段目テーパ部減面率で行うことを特徴とする引抜き加工方法。

$6^\circ \leq 1\text{段目テーパ角度}\theta a \leq 30^\circ \cdots \cdots (1)$

$2\text{段目テーパ角度}\theta b \leq 2^\circ \cdots \cdots (2)$

ここで、 $\sigma_{0.1}$ は引張試験における歪みが0.1での真応力、Eはヤング率である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、引抜き加工方法、なかでも孔ダイスを用いて金属の線又は棒といった中実金属材を引抜き加工する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】断面形状が円形の中実金属材、例えば各種の金属材料を母材とする線材や棒材（以下、単に線や棒という）は、圧延などの「1次加工」によって所望の寸法（直径）に仕上げられた後、更に、所謂「2、3次加工」において、冷間引抜き加工を繰り返し受け、概略最終寸法まで減面された後、冷間鍛造や切削加工、研削加工により種々の最終的な形状を持つ産業用製品に仕上げられる。

【0003】上記「2、3次加工」としての冷間引抜き加工は、外径を整えるために施されるものであるが、残留応力の発生が避けられない処理である。冷間引抜き加工後の材料21の軸方向残留応力分布3は、例えば、図2に示すようなものになり、材料中心部22には圧縮残留応力が、又、材料表層部23には引張残留応力が発生する。このため、潤滑状態が材料の周方向に不均一な場合には冷間引抜き後に大きな曲がりが生じる。更に、切削加工や研削加工を受けた後の最終製品においては、形状や寸法精度が低下してしまう。

【0004】一例として、図3に、冷間引抜き加工後の材料をステアリングラックバー4の形状に切削加工した場合に形状不良が発生する状況を示す。ステアリングラックバー4は、線や棒を素材とする最終製品であるが、冷間引抜き加工後の材料を切削加工することによって、内部の残留応力分布のバランスが崩れ、このため曲がりが発生するのである。

【0005】更に、図2に示すような材料表層部23における引張残留応力は、疲労強度の低下をもたらす。

【0006】引抜き加工で生じた残留応力は、材料の真直性を確保するために2ロール矯正機や多ロール矯正機を用いて行われる矯正加工によって幾分かは低下する。しかし、上記矯正加工における変形は曲げ加工と曲げ戻し加工が主体であるため、材料中心部22における変形量は小さく、したがって、材料表層部23における残留応力以外は殆ど軽減されることはない。

【0007】引抜き加工で生じた残留応力を軽減するために熱処理が施されることもある。熱処理を施すことで、材料表層部23から材料中心部22の材料全体に亘る残留応力をほぼ取り除くことも可能であるが、熱処理のための費用が高むためコストアップを招いてしまう。更に、冷間引抜き加工の目的の一つに加工硬化を利用した材料強度の確保があるが、熱処理を施すことで強度が低下してしまうので、この方法は必ずしも実用的とはいえない。

10 【0008】特開平11-199979号公報や特開平7-214471号公報には、材料表層部23における引張残留応力を低減するための技術が開示されている。すなわち、特開平11-199979号公報には、湿式極細伸線加工時のダイスと被加工材である鋼線との間の摩擦係数を0.07未満として鋼線表面の残留応力を $-2000 \sim 200 \text{ MPa}$ にし、高強度極細鋼線の疲労特性を高める技術が提案されている。又、特開平7-214471号公報には、ショットピーニングによって鋼線の表面残留応力を調整し、疲労特性の改善、ゴムとの接着性改善及び表面粗度を調整する技術が提案されている。

20 【0009】しかしながら、前記各公報で開示された技術はいずれも材料表層部23における引張残留応力レベルを低くするか、あるいはそれを圧縮残留応力に変えるという単なる表面残留応力の調整技術にすぎず、したがって、材料表層部23から材料中心部22までを含めた残留応力のレベルを低減して切削加工や研削加工を受けた後の最終製品の形状や寸法精度を良好なものにしたいという産業界の要望には必ずしも応えられるものではなかった。

30 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記現状に鑑みなされたもので、線や棒に生じる残留応力を低減することができる引抜き加工方法、なかでも孔ダイス（以下、単にダイスという）を用いた引抜き加工方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、下記に示す引抜き加工方法を要旨とする。

40 【0012】すなわち、「孔ダイスを用いた中実金属材の引抜き加工方法であって、入り側テーパ角度が下記(1)式及び(2)式を満たす2段テーパダイスを用いて、引抜き加工の最終パスを $100(3\sigma_{0.1}/E)\%$ 以上の2段目テーパ部減面率で行う引抜き加工方法。

$6^\circ \leq 1\text{段目テーパ角度}\theta a \leq 30^\circ \cdots \cdots (1)$

$2\text{段目テーパ角度}\theta b \leq 2^\circ \cdots \cdots (2)$

ここで、 $\sigma_{0.1}$ は引張試験における歪みが0.1での真応力(MPa)、Eはヤング率(MPa)である。

【0013】上記のヤング率Eには、例えば、引張試験を行って測定した値を採用すればよい。

50 【0014】2段目テーパ部減面率 $R_{db}(\%)$ は、 d_a

を1段目テーバ部と2段目テーバ部の境界部での2段テーバダイス孔径(mm)、 d_b をダイスペアリング部の2段テーバダイス孔径(mm)として下記(3)式から求める値である。

【0015】

$$R_{db} = 100 \{ 1 - (d_a / d_b)^2 \} \cdots (3)$$

なお、2段テーバダイス12とは、図1に示すようにダイスアプローチ部に異なる角度の2つのテーバ部を備えるダイスを指す。図1におけるA、B、C、D及びLはそれぞれ、1段目テーバ部の長さ、2段目テーバ部の長さ、ダイスペアリング部の長さ、ダイスリリーフ部の長さ及びダイス全体の長さを表す。又、 θ_a 、 θ_b 、 d_a 、 d_b はそれぞれ1段目テーバ角度、2段目テーバ角度、1段目テーバ部と2段目テーバ部の境界部での2段テーバダイス孔径、ダイスペアリング部の2段テーバダイス孔径を指す。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明者らは、中炭素鋼線を供試材とした引抜き加工を種々の条件で行い、加工後の残留応力分布を測定した。その結果、単独で2段テーバダイスを用いるか、複数パスの最終パスに2段テーバダイスを用いることで、下記(a)に示すような残留応力分布を、下記(b)に示すように制御できることが判明した。

【0017】(a)通常行われているように材料2に対して、1個のシングルテーバダイス11を用いて引抜き加工を行うと、そのパスより前の加工履歴には関係なく引抜き加工後、材料中心部22には圧縮の、材料表層部23には引張の残留応力が生じる。

【0018】図4に、上記の残留応力発生状況を模式的に示す。図4中(A)として示す線や棒などの材料2をシングルテーバダイス11を用いて引抜き力 F_f で引抜き加工すると、ダイスアプローチ5の部分では面圧が作用して引抜きに抗する力 F_r が発生するため、図4中(B)として示すように、材料表層部23には圧縮応力が生じる。これに対して、材料中心部22には引抜き力 F_f の影響による引張応力が生じる。このため、ダイスアプローチ5の部分では、塑性変形による伸びは材料中心部22の方が材料表層部23に比べて大きくなる。

【0019】引抜き加工が進行してダイスペアリング6の部分を経てダイス出側に到ると、弾性変形により、材料中心部22と材料表層部23の長さが等しくなる。その結果、ダイスアプローチ5の部分における塑性変形による伸び量が大きい材料中心部22では圧縮応力が発生し、反対に、材料表層部23では引張応力が発生する。

【0020】引抜き後の残留応力分布は、図4中(C)として示すように、ダイス出側での応力分布が反映され、材料中心部22では圧縮残留応力、材料表層部23では引張残留応力となる。なお、図4には(A)として示し

た線や棒などの材料2に残留応力が生じていない場合を示したが、引抜き加工した材料(つまり、図4(c)の材料中心部22では圧縮残留応力が、又、材料表層部23では引張残留応力が生じている材料2)を用いてシングルテーバダイス11で引抜き加工した場合であっても、最終の(c)の段階では前記と同様に、材料中心部22では圧縮残留応力、材料表層部23では引張残留応力となる。

【0021】(b)材料2に対して、2段テーバダイス12を用いて引抜き加工すると、上記(a)のシングルテーバダイス11を用いた引抜き加工の場合に比べて、引抜き後の残留応力が低減する。

【0022】これは、2段テーバダイス12を用いると、最終パスとしての2段目テーバ部における加工時のダイス面圧が低下するためと考えられる。

【0023】図5に、上記残留応力低減の状況を模式的に示す。図5中(D)として示す線や棒などの材料2を2段テーバダイス12を用いて引抜き力 F_f で引抜き加工する場合、先ず、2段テーバダイス11の1段目テーバ部5aの部分では、前記(a)で述べたシングルテーバダイス11を用いた引抜き加工の場合と同様のメカニズムにより、図5中(E)として示すように、材料表層部23には圧縮応力が生じ、又、材料中心部22には引張応力が生じる。このため、1段目テーバ部5aの部分では、塑性変形による伸びは材料中心部22の方が材料表層部23に比べて大きくなる。しかし、次の2段目テーバ部5bの部分では、図1に示したように2段目テーバ角度 θ_b は1段目テーバ角度 θ_a に比べて小さいので、2段テーバダイス12と材料2が接触する面積が広がって面圧が低下する。このため、2段テーバダイス12からの面圧は材料2の極表層にしか及ばず、引抜きに抗する力 F_r は殆ど生じないか、 F_r が生じててもその影響は材料の極めて表層部にしか及ばない。したがって、図5中(F)として示すように、材料中心部22と材料表層部23には引張応力が発生し、その引張応力のレベルは材料中心部22と材料表層部23とで殆ど差がなくなる。この結果、2段テーバダイス11の2段目テーバ部5bの部分では、1段目テーバ部5aの部分における伸びが小さかった材料表層部23の塑性変形が促進されるので、最終的には図5中(G)として示すように、材料中心部22と材料表層部23での塑性変形による伸び量に差がなくなり、残留応力が低減する。そこで更に、ステンレス鋼棒や、Cuを初めとする各種の非鉄金属の線を供試材とし、最終パスに種々の形状の2段テーバダイスを用いて種々の条件の下に引抜き加工を行った。その結果、素材の材質に拘わらず、線や棒などの引抜き加工に際して、適正な2段目テーバ角度 θ_b を有する2段テーバダイスを最終パスに使用し、且つ、その2段テーバダイスにおける2段目テーバ部での減面率、すなわち、2段目テーバ部減面率 R_{db} を調整することで残留応力分布を様々に制御できることが明らかになった。その知見をまとめると下記(c)～(e)のとおりであ

る。

(c) 残留応力低減に効果のある引抜き加工最終パスとしての2段テーパダイスの2段目テーパ部での減面率(2段目テーパ部減面率 R_{db})の最適範囲は応力レベル及び素材のヤング率 E と深い関係を有する。

【0024】応力レベルの代表値として、引張試験における歪みが0.1での真応力 $\sigma_{0.1}$ を採用すれば、残留応力低減のためにはその2段目テーパ角度 θ_b が前記(2)式を満たす2段テーパダイスを用いて、2段目テーパ部減面率 R_{db} を $100(3\sigma_{0.1}/E)\%$ 以上とする必要がある。

【0025】2段目テーパ角度 θ_b が前記(2)式から外れる、すなわち、 $\theta_b > 2^\circ$ の場合には、2段目テーパ部にも引抜きに抗する大きな力 F_r が生じ、残留応力低減効果が消失してしまう。なお、残留応力低減という点からはこの2段目テーパ角度 θ_b に下限はないが、小さくなりすぎるとダイス全体の長さ L が増大して工業的には適用が困難になる。したがって、2段目テーパ角度 θ_b は 0.1° 以上とするのがよく、なかでも 0.5° 程度とするのがよい。

【0026】引抜き加工最終パスである2段目テーパ部での減面率 R_{db} が $100(3\sigma_{0.1}/E)\%$ を下回ると、2段目テーパ部における変形量が小さいため十分な残留応力低減効果が得られなくなってしまう。なお、残留応力低減という点からは2段目テーパ部減面率 R_{db} に上限はないが、大きくなりすぎると2段目テーパ部の長さ B が大きくなり、このためダイス全体の長さ L が増大して工業的には適用が困難になる。したがって、2段目テーパ部減面率 R_{db} は4%、なかでも $300(3\sigma_{0.1}/E)\%$ 程度を上限とするのがよい。既に述べたように、上記2段目テーパ部減面率 $R_{db}(\%)$ は、 d_a を1段目テーパ部と2段目テーパ部の境界部での2段テーパダイス孔径、 d_b をダイスペアリング部の2段テーパダイス孔径として前記(3)式から求まる値をいう。

(d) 1段目テーパ角度 θ_a が残留応力に及ぼす影響はほとんどない。しかし、1段目テーパ角度 θ_a が 6° 未満の場合には1段目テーパ部分の長さが非常に長くなって実用的ではない。一方、1段目テーパ角度 θ_a が 30° を超える場合には極めて大きな引抜き力を要するので、やはり実用的ではない。

【0027】(e) 2段テーパダイスの前段での引抜き

条件は、2段テーパダイスによる残留応力低減効果にはほとんど影響を及ぼさない。すなわち、2段テーパダイスを用いて引き抜き加工する場合の被加工材として、図5の(A)に示したような残留応力が生じていない材料を用いた場合であっても、引抜き加工後の残留応力を生じている材料(中心部では圧縮残留応力、表層部では引張残留応力を生じている材料)を用いた場合であっても残留応力低減効果が発現される。

【0028】

【実施例】通常の方法で溶製、分塊圧延して作製したJIS G 4051に記載のS45Cのピレットを通常の方法で熱間圧延し、直径が33mmと39mmの丸棒にした。

【0029】これらの丸棒を通常の方法によって650℃で2時間保持後炉冷の歪み取り焼鈍を行ってから通常の方法で酸洗し、次いで表面にリン酸亜鉛皮膜処理を施した。このようにして得た引抜き素材の中央部からJIS Z 2201に記載の4号引張試験片を採取して常温で引張試験を行い、歪みが0.1での真応力 $\sigma_{0.1}$ 及びヤング率 E を求めた。その結果、真応力 $\sigma_{0.1}$ は670MPa、ヤング率 E は206000MPaであった。次いで、前記の引抜き素材を、表1に示すパススケジュールで引抜き加工し、直径30mmに仕上げた。表1には引き抜き加工に用いたダイス形状も併せて示した。なお、2段テーパダイスの場合、 θ_a 、 θ_b 、 d_a 、 d_b 、 R_{db} はそれぞれ1段目テーパ角度、2段目テーパ角度、1段目テーパ部と2段目テーパ部の境界部での2段テーパダイス孔径(mm)、ダイスペアリング部の2段テーパダイス孔径(mm)、2段目テーパ部減面率(%)を指す。

又、シングルテーパダイスの場合、 d_1 、 R_{d1} 、 d_2 、 R_{d2} はそれぞれ1パス目のダイス孔径(mm)、1パス目の減面率(%)、2パス目のダイス孔径(mm)、1パス目の減面率(%)を指す。

【0030】前記した真応力 $\sigma_{0.1}$ が670MPa、ヤング率 E が206000MPaの場合、2段テーパダイスの2段目テーパ部減面率 R_{db} が $100(3\sigma_{0.1}/E)\%$ 以上の条件は、 $R_{db} \geq 0.98\%$ である。したがって、表1中の試験番号2及び5が本発明の引抜き加工方法に該当する。なお、試験番号1は従来のシングルテーパダイスだけを用いた引き抜き加工方法である。

【0031】

【表1】

表 1

試験 番号	引抜き素 材の直径 (mm)	1パス目	2パス目	3パス目
1	33	*シングルテーパダイス * $d_1=30.0\text{mm}$ * $Rd_1=17.4\%$	—	—
2	33	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ $\theta_b=0.5^\circ$ $d_a=30.2\text{mm}$ $d_b=30.0\text{mm}$ $Rdb=1.3\%$	—	—
3	33	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ * $\theta_b=2.5^\circ$ $d_a=30.2\text{mm}$ $d_b=30.0\text{mm}$ $Rdb=1.3\%$	—	—
4	33	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ $\theta_b=0.5^\circ$ $d_a=30.1\text{mm}$ $d_b=30.0\text{mm}$ * $Rdb=0.66\%$	—	—
5	39	シングルテーパダイス $d_1=36.0\text{mm}$ $Rd_1=14.7\%$	シングルテーパダイス $d_2=33.0\text{mm}$ $Rd_2=16.0\%$	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ $\theta_b=0.5^\circ$ $d_a=30.2\text{mm}$ $d_b=30.0\text{mm}$ $Rdb=1.3\%$
*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。				

引抜き加工後、材料の残留応力をザックス法によって測定した。すなわち、図6に示すように、引抜き後の材料をその仕上直径である30mmの3倍の長さ、つまり長さ90mmに切り出し、長さ方向中央部の周方向4ヶ所に歪みゲージを貼り付けた後、横断面中央部にドリルで直径5mmの孔開け加工を行った。次いで、孔の直径を27mmまで逐次拡大加工しながら歪みの変化を測定し、その変化率から内部の残留応力分布を求めた。

【0032】図7～11にそれぞれ、試験番号1～5のパススケジュールで引抜き加工した材料の残留応力をザックス法で測定した結果を示す。

【0033】図7～11から、本発明の方法に係る試験番号2及び5の方法で引抜き加工すれば、残留応力が低減できることが明らかである（図8及び11参照）。

（実施例2）JIS G 4303に記載のSUS304のピレットを通常の方法で熱間圧延し、直径が33mmと39mmの丸棒にした。

【0034】これらの丸棒を通常の方法によって1100℃で2時間保持後水冷してから酸洗し、次いで表面にフッ素皮膜処理を施した。このようにして得た引抜き素

30 材の中央部からJIS Z 2201に記載の4号引張試験片を採取して常温で引張試験を行い、歪みが0.1での真応力 $\sigma_{0.1}$ 及びヤング率Eを求めた。その結果、真応力 $\sigma_{0.1}$ は450MPa、ヤング率Eは209000MPaであった。次いで、前記の引抜き素材を、表2に示すパススケジュールで引抜き加工し、直径30mmに仕上げた。表2には引き抜き加工に用いたダイス形状も併せて示した。なお、表2における θ_a 、 θ_b 、 d_a 、 d_b 、 Rdb 、 d_1 、 Rd_1 、 d_2 、 Rd_2 はそれぞれ前記実施例1で述べたものを指す。

40 【0035】前記した真応力 $\sigma_{0.1}$ が450MPa、ヤング率Eが209000MPaの場合、2段テーパダイスの2段目テーパ部減面率 Rdb が100（ $3\sigma_{0.1}/E$ ）%以上の条件は、 $Rdb \geq 0.65\%$ である。したがって、表2中の試験番号7及び10が本発明の引抜き加工方法に該当する。なお、試験番号6は従来のシングルテーパダイスだけを用いた引き抜き加工方法である。

【0036】

【表2】

表 2

試験 番号	引抜き素 材の直径 (mm)	1パス目	2パス目	3パス目
6	33	*シングルテーパダイス * $d1=30.0\text{mm}$ * $Rd1=17.4\%$	—	—
7	33	2段テーパダイス $\theta a=14^\circ$ $\theta b=0.5^\circ$ $da=30.2\text{mm}$ $db=30.0\text{mm}$ $Rdb=1.3\%$	—	—
8	33	2段テーパダイス $\theta a=14^\circ$ * $\theta b=2.5^\circ$ $da=30.2\text{mm}$ $db=30.0\text{mm}$ $Rdb=1.3\%$	—	—
9	33	2段テーパダイス $\theta a=14^\circ$ $\theta b=0.5^\circ$ $da=30.07\text{mm}$ $db=30.0\text{mm}$ * $Rdb=0.47\%$	—	—
10	39	シングルテーパダイス $d1=36.0\text{mm}$ $Rd1=14.7\%$	シングルテーパダイス $d2=33.0\text{mm}$ $Rd2=16.0\%$	2段テーパダイス $\theta a=14^\circ$ $\theta b=0.5^\circ$ $da=30.2\text{mm}$ $db=30.0\text{mm}$ $Rdb=1.3\%$
*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。				

引抜き加工後、材料の残留応力を実施例1の場合と同様にしてザックス法によって測定した。

【0037】図12～16にそれぞれ、試験番号6～10のパススケジュールで引抜き加工した材料の残留応力をザックス法で測定した結果を示す。

【0038】図12～16から、本発明の方法に係る試験番号7及び10の方法で引抜き加工すれば、残留応力が低減できることが明らかである（図13及び16参照）。

（実施例3）市販の直径が33mmと39mmの純Cuの丸棒を通常の方法によって真空雰囲気中で500℃で2時間保持後水冷し、次いで、表面にフッ素皮膜処理を施した。このようにして得た引抜き素材の中央部からJIS Z 2201に記載の4号引張試験片を採取して常温で引張試験を行い、歪みが0.1での真応力 $\sigma_{0.1}$ 及びヤング率Eを求めた。その結果、真応力 $\sigma_{0.1}$ は170MPa、ヤング率Eは107000MPaであった。次い

で、前記の引抜き素材を、表3に示すパススケジュールで引抜き加工し、直径30mmに仕上げた。なお、表3には引き抜き加工に用いたダイス形状も併せて示した。なお、表3における θa 、 θb 、 da 、 db 、 Rdb 、 $d1$ 、 $Rd1$ 、 $d2$ 、 $Rd2$ はそれぞれ前記実施例1で述べたものを指す。

【0039】前記した真応力 $\sigma_{0.1}$ が170MPa、ヤング率Eが107000MPaの場合、2段テーパダイスの2段目テーパ部減面率 Rdb が100（ $3\sigma_{0.1}/E$ ）%以上の条件は、 $Rdb \geq 0.48\%$ である。したがって、表3中の試験番号12及び15が本発明の引抜き加工方法に該当する。なお、試験番号11は従来のシングルテーパダイスだけを用いた引き抜き加工方法である。

【0040】

【表3】

表 3

試験番号	引抜き素材の直径(mm)	1パス目	2パス目	3パス目
11	33	*シングルテーパダイス *d1=30.0mm *Rd1=17.4%	—	—
12	33	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ $\theta_b=0.5^\circ$ da=30.2mm db=30.0mm Rdb=1.3%	—	—
13	33	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ * $\theta_b=2.5^\circ$ da=30.2mm db=30.0mm Rdb=1.3%	—	—
14	33	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ $\theta_b=0.5^\circ$ da=30.05mm db=30.0mm *Rdb=0.33%	—	—
15	39	シングルテーパダイス d1=36.0mm Rd1=14.7%	シングルテーパダイス d2=33.0mm Rd2=16.0%	2段テーパダイス $\theta_a=14^\circ$ $\theta_b=0.5^\circ$ da=30.2mm db=30.0mm Rdb=1.3%

*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

引抜き加工後、材料の残留応力を実施例1の場合と同様にしてザックス法によって測定した。

【0041】図17～21にそれぞれ、試験番号11～16のパススケジュールで引抜き加工した材料の残留応力をザックス法で測定した結果を示す。

【0042】図17～21から、本発明の方法に係る試験番号12及び15の方法で引抜き加工すれば、残留応力が低減できることが明らかである（図18及び21参照）。

【0043】

【発明の効果】本発明の引抜き加工方法によれば、引抜き加工後の材料の表層部から中心部に亘る残留応力レベルを低減することができる。したがって、冷間引抜き後の曲がりを抑制できるし、更に、切削加工や研削加工を受けた後の最終製品の形状や寸法精度が低下することを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】2段テーパダイスの説明図である。

【図2】冷間引抜き後の材料の軸方向残留応力分布を説明する図である。

【図3】冷間引抜き加工後の材料をステアリングラック

30 パーの形状に切削加工した場合に形状不良が発生する状況を示す図である。

【図4】1個のシングルテーパダイスを用いて引抜き加工を行った場合の残留応力発生状況を模式的に説明する図である。

【図5】2段テーパダイスを用いて引抜き加工する場合に残留応力が低減されるメカニズムを説明する図である。

【図6】本発明の実施例におけるザックス法での残留応力測定について説明する図である。

40 【図7】実施例1において試験番号1のパススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図8】実施例1において試験番号2のパススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図9】実施例1において試験番号3のパススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

50 【図10】実施例1において試験番号4のパススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測

定した結果を示す図である。

【図11】実施例1において試験番号5のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図12】実施例2において試験番号6のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図13】実施例2において試験番号7のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図14】実施例2において試験番号8のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図15】実施例2において試験番号9のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図16】実施例2において試験番号10のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図17】実施例3において試験番号11のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図18】実施例3において試験番号12のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図19】実施例3において試験番号13のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図20】実施例3において試験番号14のバススケジ*

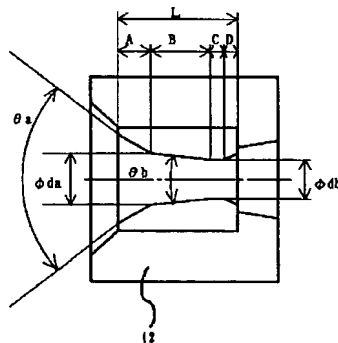
* ユールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

【図21】実施例3において試験番号15のバススケジュールで引抜き加工した場合の残留応力をザックス法で測定した結果を示す図である。

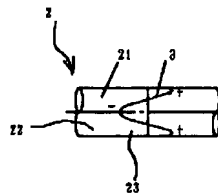
【符号の説明】

- 11: シングルテーパダイス
- 12: 2段テーパダイス
- 2: 材料
- 21: 冷間引抜き加工後の材料
- 22: 材料中心部
- 23: 材料表層部
- 3: 軸方向残留応力分布
- 4: ステアリングラックバー
- 5: ダイスアプローチ
- 5a: 2段テーパダイスの1段目テーパ部
- 5b: 2段テーパダイスの2段目テーパ部
- 6: ダイスペアリング
- θa : 2段テーパダイスの1段目テーパ角度
- θb : 2段テーパダイスの2段目テーパ角度
- da: 1段目テーパ部と2段目テーパ部の境界部での2段テーパダイス孔径
- db: ダイスペアリング部の2段テーパダイス孔径
- A: 1段目テーパ部の長さ
- B: 2段目テーパ部の長さ
- C: ダイスペアリング部の長さ
- D: ダイスリリーフ部の長さ
- L: ダイス全体の長さ

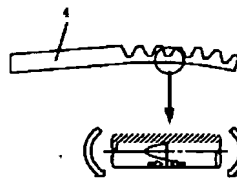
【図1】



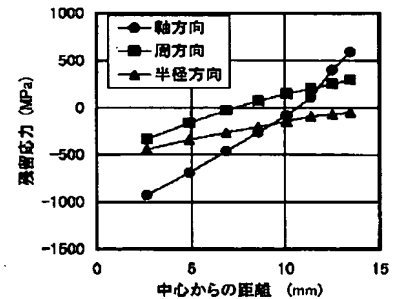
【図2】



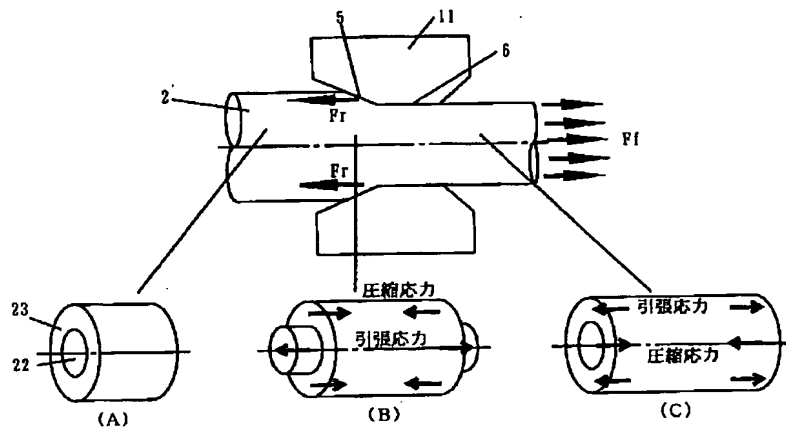
【図3】



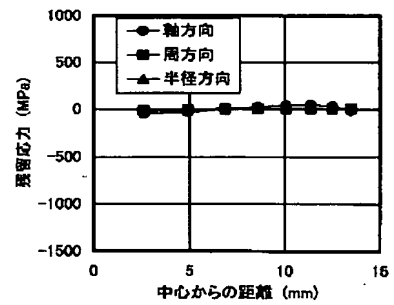
【図7】



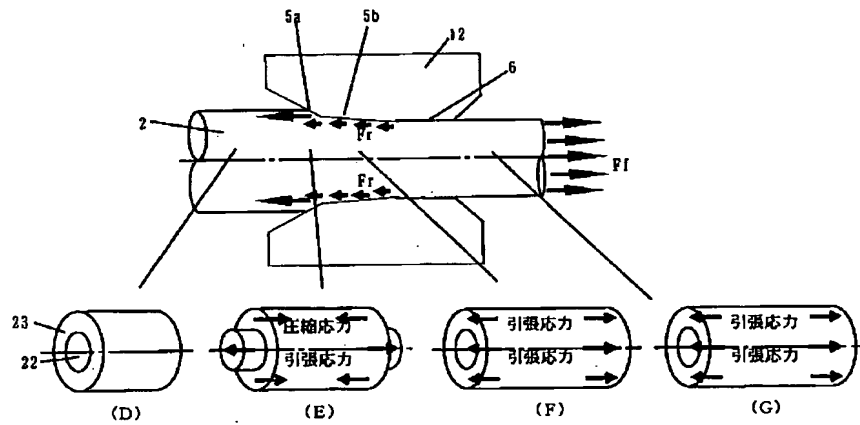
【図4】



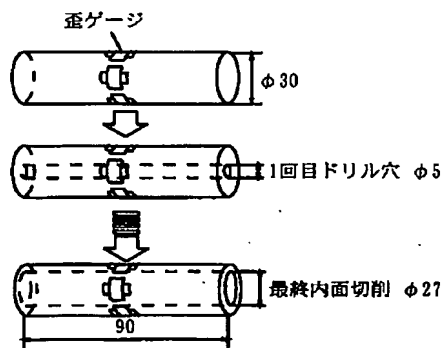
【図8】



【図5】

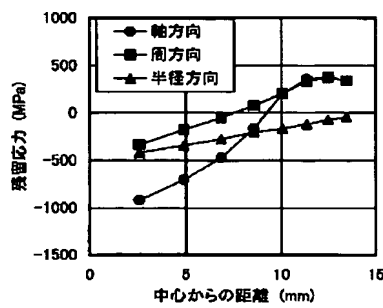


【図6】

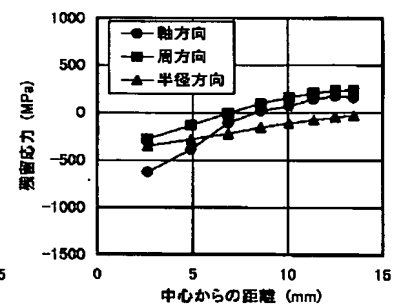


(単位 mm)

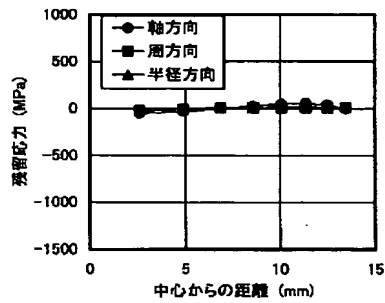
【図9】



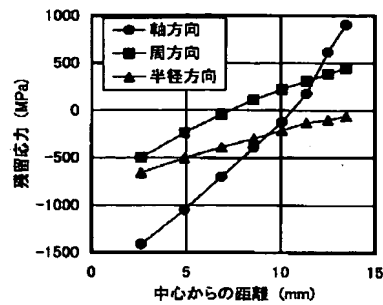
【図10】



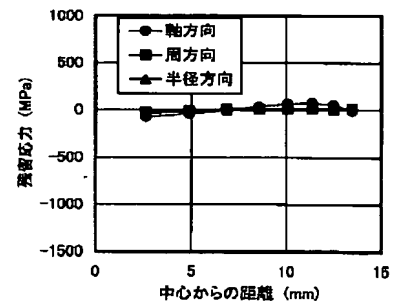
【図11】



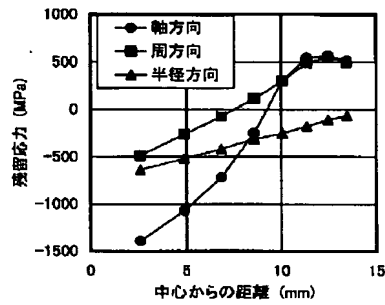
【図12】



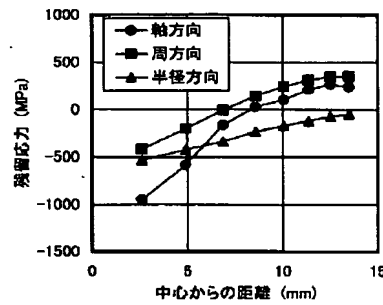
【図13】



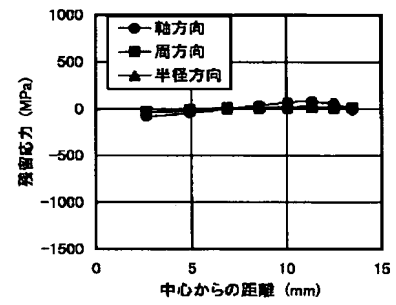
【図14】



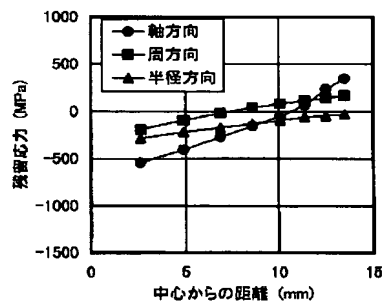
【図15】



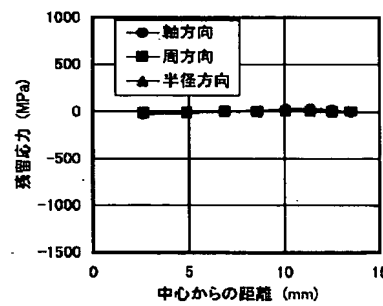
【図16】



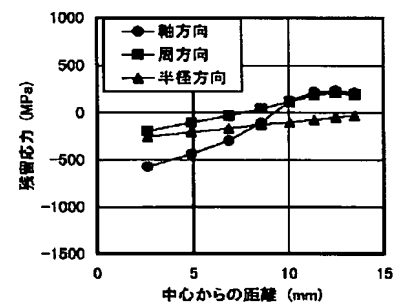
【図17】



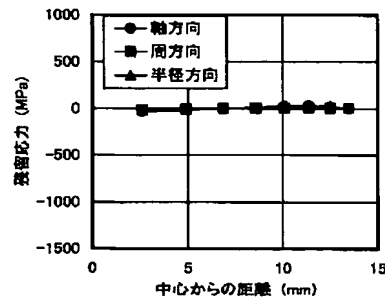
【図18】



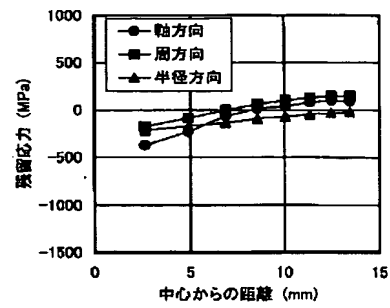
【図19】



【図21】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 秋山 雅義

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

Fターム(参考) 4E096 EA02 EA12 EA14 FA08